Universidad de Oriente.
Núcleo de Anzoátegui.
Departamento de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
Escuela de Ingeniería Química.
Laboratorio de Química Orgánica.

Práctica 5:
Pruebas con Hidrocarburos
(Alcanos, Alquenos, Alquinos y Arenos)

Profesor: Luis Peña.
Sección: 20

Integrantes:
Cohen Rafael C.I: 32.156.990
Márquez Oriana C.I: 32.797.394
Mendoza Jholfred C.I: 31.520.111

Barcelona, febrero de 2025.

ÍNDICE

	pp.
Capítulo I: Introducción.....	3
Capítulo II: Marco Teórico.....	5
Capítulo III: Procedimiento Experimental.....	28
Capítulo IV: Análisis de Resultados.....	34
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....	36
Referencias Bibliográficas.....	40
Anexos.....	41

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Introducción.

La mayoría de los hidrocarburos están en el interior de la Tierra, sepultados debajo de capas y capas de roca y de suelo. Son producto de la descomposición anaeróbica, bajo condiciones muy puntuales, de grandes cantidades de materia orgánica, que en épocas antiguas constituyó el cuerpo de distintos seres vivientes. Los hidrocarburos están presentes también en el cuerpo de distintos seres vivos, bajo formas específicas como la goma que generan los árboles de caucho, o un conjunto de pigmentos llamados carotenos, que tienen algunos vegetales, entre otros.

Dichos hidrocarburos, no son más que compuestos formados exclusivamente por carbono e hidrógeno, son la base de la química orgánica y desempeñan un papel fundamental en la vida cotidiana y en la industria. Entre ellos, los alcanos, alquenos, alquinos y arenos destacan por su diversidad estructural, sus propiedades físicas y químicas, y su amplia gama de reacciones, que los hacen esenciales en la síntesis de materiales, combustibles, plásticos y fármacos, entre otros. Por lo mismo, todos estos aspectos serán desarrollados en este informe.

Objetivo de la Práctica.

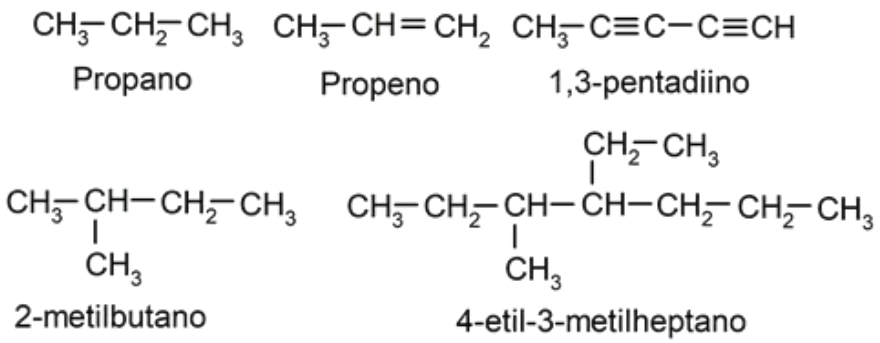
1. Estudiar las propiedades del n-heptano y ciclohexeno mediante pruebas específicas.
2. Estudiar las propiedades de los arenos.
3. Estudiar la reacción de sulfonación para el benceno.
4. Estudiar la reacción de oxidación para los alcanos y alquenos.

2.1 Hidrocarburos.

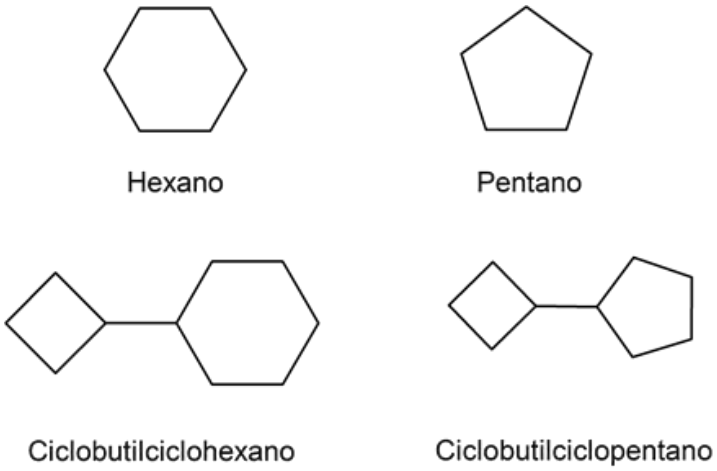
Los hidrocarburos son diversos tipos de compuestos orgánicos. Pueden tener una mayor o menor complejidad, pero siempre están conformados por un esqueleto de átomos de carbono (C) y de hidrógeno (H), así como de otros eventuales elementos. Cada hidrocarburo presenta sus patrones estructurales, ya que su configuración específica determina sus propiedades físicas y químicas, así como el nombre de la sustancia de la que se trata. El petróleo, el gas natural y el carbón son las principales fuentes de hidrocarburos.

Desde su descubrimiento en el siglo XIX, los hidrocarburos se clasifican de acuerdo a dos criterios posibles: su tipo de estructura y los tipos de enlace entre sus átomos. Según la primera clasificación, se distinguen dos categorías:

• Hidrocarburos acíclicos o de cadenas abiertas: son aquellos cuya cadena de moléculas no se cierra sobre sí misma. A su vez, pueden dividirse en lineales (con forma de línea) o ramificados (con diversas ramificaciones). Por ejemplo:



• Hidrocarburos cíclicos o de cadenas cerradas: son aquellos cuya cadena de moléculas se cierra sobre sí misma. A su vez, pueden dividirse en monocíclicos (de un solo ciclo) y policíclicos (de múltiples ciclos). Por ejemplo:



Obedeciendo a la segunda clasificación, en cambio, tenemos:

• Hidrocarburos aromáticos: poseen un anillo aromático, o sea, una estructura cíclica que obedece a la llamada regla de Hückel, que plantea que el número de electrones deslocalizados en un compuesto aromático cumple con:

$$\mathbf{4n + 2 = Ne}$$

Dónde:

n. Representa un número entero.

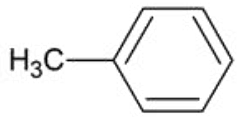
Ne. Representa el número de electrones deslocalizados en el compuesto aromático. Por ejemplo, el benceno (C_6H_6) tiene 6 electrones deslocalizados (llamados electrones pi (**π**) en su estructura, lo que implica que n debe ser igual a 1.

$$\mathbf{4 * 1 + 2 = 6 \text{ electrones deslocalizados}}$$

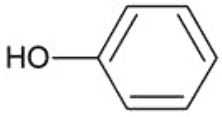
Casi todos los hidrocarburos aromáticos suelen ser derivados del benceno (aunque no siempre) y, por lo tanto, la estructura hexagonal del benceno forma parte de muchos de estos compuestos aromáticos. El nombre "aromático" proviene del hecho de que estos compuestos se obtenían inicialmente degradando sustancias químicas de olor agradable.

Algunos ejemplos de compuestos aromáticos son:

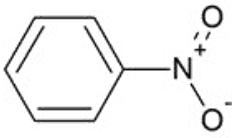
Benceno



Tolueno

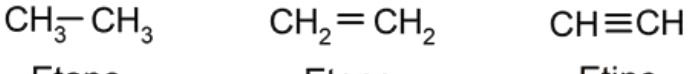


Fenol

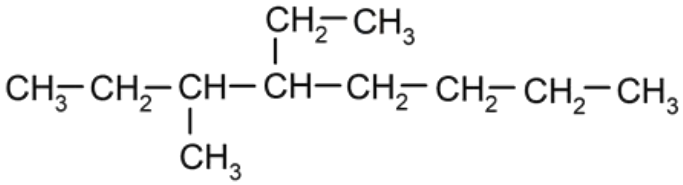


Nitrobenceno

• Hidrocarburos alifáticos: carecen de anillo aromático. Se clasifican en saturados (dotados de enlaces atómicos simples; alcanos) e insaturados (que poseen al menos un enlace múltiple, doble o triple; alquenos y alquinos). Algunos ejemplos de hidrocarburos alifáticos son:



Etano Eteno Etino



4-etil-3-metiloctano

2.2 Alcanos.

Los alcanos son hidrocarburos en los cuales todos los enlaces carbono-carbono son enlaces simples. Su fórmula general es C_nH_{2n+2}, donde n representa el número o cantidad de átomos de carbono en el compuesto. Para cicloalcanos la fórmula es $C_nH_{2n.}$

2.2.1 Propiedades Físicas de los Alcanos.

Las propiedades físicas de los alcanos son consecuencia de las fuerzas de cohesión y la baja o nula polaridad de sus moléculas. Los átomos de carbono e hidrógeno presentan una electronegatividad parecida predominando el enlace covalente no polar.

• Estado físico

- Alcanos pequeños (1 a 4 carbonos): Son gases a temperatura ambiente (por ejemplo, metano, etano, propano y butano).
- Alcanos medianos (5 a 17 carbonos): Son líquidos a temperatura ambiente (por ejemplo, pentano, hexano, heptano).
- Alcanos largos (18 o más carbonos): Son sólidos a temperatura ambiente (por ejemplo, octadecano, eicosano).

• Punto de ebullición.

Aumenta con el número de átomos de carbono debido a las fuerzas de dispersión de London (fuerzas intermoleculares), que se vuelven más fuertes a medida que aumenta la masa molecular. Los alcanos ramificados tienen puntos de ebullición más bajos que los lineales debido a una menor superficie de contacto entre moléculas.

• Punto de fusión.

También aumenta con el número de átomos de carbono. Los alcanos con un número par de carbonos suelen tener puntos de fusión ligeramente más altos que los de número impar debido a un empaquetamiento más eficiente en estado sólido.

• Densidad

Los alcanos son menos densos que el agua (densidad < 1 g/cm^3), por lo que flotan en ella. La densidad aumenta con el tamaño de la molécula.

• Solubilidad

Son insolubles en agua debido a su naturaleza no polar. Son solubles en disolventes no polares, como el benceno o el éter.

• Viscosidad

Aumenta con el tamaño de la molécula, ya que las fuerzas intermoleculares se hacen más fuertes y las moléculas se mueven con mayor dificultad.

• Inercia química

Los alcanos son relativamente inertes debido a la fortaleza de los enlaces C-C y C-H, que son difíciles de romper. Sin embargo, pueden participar en reacciones como la combustión y la halogenación.

• Olor

Los alcanos pequeños son inodoros, pero algunos alcanos líquidos y sólidos pueden tener olores característicos.

• Conductividad

No conducen la electricidad, ya que no tienen cargas libres ni grupos polares.

• Volatilidad

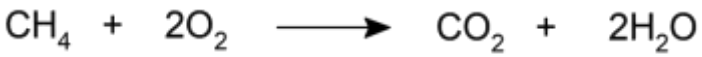
Los alcanos pequeños son más volátiles (se evaporan fácilmente) debido a sus bajos puntos de ebullición.

2.2.2 Propiedades Químicas de los Alcanos.

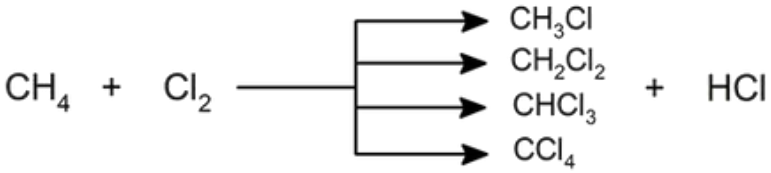
Los alcanos son hidrocarburos saturados, presentan enlaces sencillos carbono-carbono y carbono-hidrógeno, lo que los hace poco reactivos debido a que los electrones están repartidos de igual manera y no generan cargas eléctricas de importancia.

Las reacciones más comunes que pueden sufrir los alcanos son:

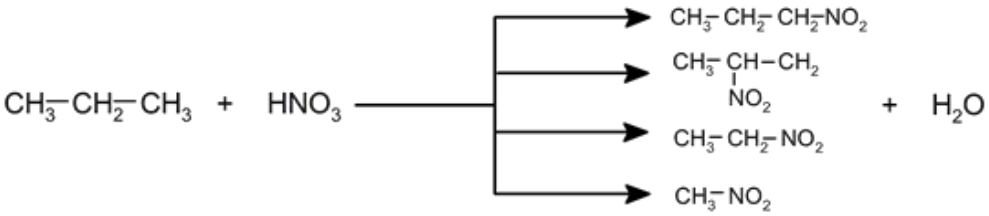
• Oxidación. Al combinarse con el oxígeno pueden formar dióxido de carbono y agua y liberar energía bajo la forma de calor. Esta es la típica reacción de combustión:



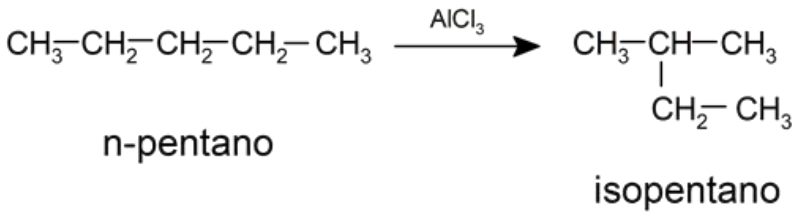
• Halogenación. Tanto el cloro como el bromo, el flúor y el yodo pueden sustituir a átomos de hidrógeno del alcano. Los productos de reacción consisten en distintas proporciones de diferentes alcanos halogenados. Un ejemplo es el cloroformo, que es un hidrocarburo halogenado (el triclorometano).



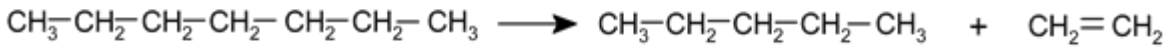
• Nitración. A altas temperaturas y en presencia de vapores de ácido nítrico, se puede producir la sustitución de un hidrógeno por el grupo NO_2^-, lo que genera nitroalcanos en distintas proporciones.



• Isomerización. Es la reestructuración de la molécula sin pérdida ni ganancia de átomos. Por lo general, esta reacción requiere el uso de catalizadores. Por ejemplo:



• Pirólisis. Es la descomposición de los alcanos por exposición a muy elevada temperatura y sin presencia de aire, de esta forma se evita su combustión y se prioriza la descomposición de las moléculas rompiendo sus enlaces químicos. Esta reacción se utiliza en la industria para obtener alquenos y alcanos de cadenas cortas a partir de alcanos de cadenas más largas.



2.3 Alquenos.

Los alquenos son hidrocarburos que tienen doble enlace carbono-carbono en su molécula, y por eso son denominados insaturados. La fórmula general es CnH2n. Se puede decir que un alqueno no es más que un alcano que ha perdido un hidrógeno produciendo como resultado un enlace doble entre dos carbonos.

Al igual que ocurre con otros compuestos orgánicos, algunos alquenos se conocen todavía por sus nombres no sistemáticos, en cuyo caso se sustituye la terminación -eno sistemática por -ileno, como es el caso del eteno que en ocasiones se llama etileno, o propeno por propileno. Los alquenos cíclicos reciben el nombre de cicloalquenos.

2.3.1 Propiedades Físicas de los Alquenos.

Sus propiedades físicas son similares a las de los alcanos, pero presentan algunas diferencias debido a la presencia del doble enlace. A continuación, se describen las principales propiedades físicas de los alquenos:

• Estado físico.

- Alquenos pequeños (2 a 4 carbonos): Son gases a temperatura ambiente (por ejemplo, eteno, propeno, buteno).
- Alquenos medianos (5 a 15 carbonos): Son líquidos a temperatura ambiente (por ejemplo, penteno, hexeno).
- Alquenos largos (más de 15 carbonos): Son sólidos a temperatura ambiente.

• Punto de ebullición.

Los puntos de ebullición de los alquenos son ligeramente más bajos que los de los alcanos con el mismo número de carbonos, debido a que el doble enlace reduce ligeramente las fuerzas de dispersión de London (fuerzas intermoleculares). Aumenta con el número de átomos de carbono, similar a los alcanos.

• Punto de fusión.

Los puntos de fusión de los alquenos son generalmente más bajos que los de los alcanos correspondientes. Los alquenos con dobles enlaces en posición trans suelen tener puntos de fusión más bajos que los isómeros cis, debido a un empaquetamiento menos eficiente en estado sólido.

• Densidad.

Los alquenos son menos densos que el agua (densidad < 1 g/cm^3), por lo que flotan en ella. La densidad aumenta con el tamaño de la molécula.

• Solubilidad.

Son insolubles en agua debido a su naturaleza no polar. Son solubles en disolventes no polares, como el benceno, el éter o el tetracloruro de carbono.

• Viscosidad.

La viscosidad aumenta con el tamaño de la molécula, ya que las fuerzas intermoleculares se hacen más fuertes.

• Reactividad.

Los alquenos son más reactivos que los alcanos debido a la presencia del doble enlace, que es una región de alta densidad electrónica y susceptible a reacciones de adición (por ejemplo, hidrogenación, halogenación, hidratación).

• Olor.

Los alquenos pequeños tienen olores ligeramente dulces o penetrantes. Por ejemplo, el eteno (etileno) tiene un olor dulce.

• Polaridad.

Los alquenos son moléculas no polares o ligeramente polares, dependiendo de la simetría de la molécula. Los isómeros cis suelen ser ligeramente polares, mientras que los trans son no polares.

• Conductividad.

No conducen la electricidad, ya que no tienen cargas libres ni grupos polares significativos.

• Volatilidad.

Los alquenos pequeños son más volátiles (se evaporan fácilmente) debido a sus bajos puntos de ebullición.

• Isomería.

Los alquenos pueden presentar isomería cis-trans (o geométrica) debido a la rigidez del doble enlace, lo que afecta sus propiedades físicas. Los isómeros cis tienen grupos similares en el mismo lado del doble enlace, mientras que los isómeros trans los tienen en lados opuestos.

2.3.2 Propiedades Químicas de los Alquenos.

En los alquenos, el doble enlace es una región de alta densidad electrónica, lo que los hace más reactivos que los alcanos. Las reacciones de los alquenos suelen ser de adición, donde el doble enlace se rompe y se forman nuevos enlaces con otros átomos o grupos funcionales. A continuación, se describen las principales reacciones de los alquenos:

• Hidrogenación (Reducción)

- Descripción: Adición de hidrógeno (H_2) en presencia de un catalizador (como Ni, Pd o Pt).
- Resultado: El doble enlace se convierte en un enlace simple, formando un alcano.
- Ecuación general:

$$\text{R-CH=CH-R} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{catalizador}} \text{R-CH}_2\text{-CH}_2\text{-R}$$

- Ejemplo: Eteno (etileno) se convierte en etano.

• Halogenación

- Descripción: Adición de halógenos (X_2, donde X = Cl, Br, I) al doble enlace.
- Resultado: Se forma un dihaloalcano vecinal (halógenos en carbonos adyacentes).
- Ecuación general:

$$\text{R-CH=CH-R} + \text{X}_2 \rightarrow \text{R-CHX-CHX-R}$$

- Ejemplo: El eteno reacciona con bromo (Br_2) para formar 1,2-dibromoetano.

• Hidrohalogenación.

- Descripción: Adición de un haluro de hidrógeno (HX, donde X = Cl, Br, I) al doble enlace.
- Resultado: Se forma un haloalcano. Sigue la regla de Markovnikov: el hidrógeno se une al carbono más hidrogenado del doble enlace.
- Ecuación general:

$$\text{R-CH=CH}_2 + \text{HX} \rightarrow \text{R-CHX-CH}_3$$

- Ejemplo: El propeno reacciona con HCl para formar 2-cloropropano.

• Hidratación.

- Descripción: Adición de agua (H_2O) en presencia de un ácido (como H_2SO_4).
- Resultado: Se forma un alcohol. También sigue la regla de Markovnikov.
- Ecuación general:

$$\text{R-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{R-CH(OH)-CH}_3$$

- Ejemplo: El eteno se convierte en etanol.

• Polimerización.

- Descripción: Los alquenos pueden polimerizarse para formar polímeros (macromoléculas).
- Resultado: Se forman cadenas largas de unidades repetidas.
- Ejemplo: El eteno (etileno) polimeriza para formar polietileno.

$$n\,\text{CH}_2\text{=CH}_2 \rightarrow [\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}]_n$$

• Oxidación.

- Descripción: Los alquenos pueden oxidarse con agentes oxidantes como $KMnO_4$ (permanganato de potasio) u O_3 (ozono).
- Resultado:

– Con $KMnO_4$ (oxidación suave): Se forman dioles vecinales (glicoles).

$$\text{R-CH=CH-R} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{R-CH(OH)-CH(OH)-R}$$

– Con O_3 (ozonólisis): El doble enlace se rompe y se forman dos cetonas o aldehídos.

$$\text{R-CH=CH-R} + \text{O}_3 \rightarrow \text{R-CHO} + \text{R-CHO}$$

• Hidroboración-Oxidación.

- Descripción: Adición de borano (BH_3) seguida de oxidación con peróxido de hidrógeno (H_2O_2).
- Resultado: Se forma un alcohol en posición anti-Markovnikov (el OH se une al carbono menos sustituido).
- Ecuación general:

$$\text{R-CH=CH}_2 \xrightarrow{1)\ \text{BH}_3\ 2)\ \text{H}_2\text{O}_2/\text{OH}^-} \text{R-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$$

- Ejemplo: El propeno se convierte en 1-propanol.

2.4 Alquinos.

Los alquinos son hidrocarburos alifáticos con al menos un triple enlace entre dos átomos de carbono. Se trata de compuestos metaestables debido a la alta energía del triple enlace carbono-carbono. Su fórmula general es $C_nH_{2n-2.}$

2.4.1 Propiedades Físicas de los Alquinos.

• Estado físico.

- Alquinos pequeños (2 a 4 carbonos): Son gases a temperatura ambiente (por ejemplo, etino o acetileno, propino).
- Alquinos medianos (5 a 15 carbonos): Son líquidos a temperatura ambiente (por ejemplo, pentino, hexino).
- Alquinos largos (más de 15 carbonos): Son sólidos a temperatura ambiente.

• Punto de ebullición.

Los puntos de ebullición de los alquinos son ligeramente más altos que los de los alquenos y alcanos con el mismo número de carbonos, debido a la mayor polarizabilidad del triple enlace, lo que aumenta las fuerzas de dispersión de London (fuerzas intermoleculares). Aumenta con el número de átomos de carbono, similar a los alcanos y alquenos.

• Punto de fusión.

Los puntos de fusión de los alquinos son generalmente más altos que los de los alquenos correspondientes, pero siguen siendo más bajos que los de los alcanos. Los alquinos lineales tienen puntos de fusión más altos que los ramificados debido a un mejor empaquetamiento en estado sólido.

• Densidad.

Los alquinos son menos densos que el agua (densidad < 1 g/cm^3), por lo que flotan en ella. La densidad aumenta con el tamaño de la molécula.

• Solubilidad.

Son insolubles en agua debido a su naturaleza no polar. Son solubles en disolventes no polares, como el benceno, el éter o el tetracloruro de carbono.

• Viscosidad.

La viscosidad aumenta con el tamaño de la molécula, ya que las fuerzas intermoleculares se hacen más fuertes.

• Reactividad.

Los alquinos son más reactivos que los alcanos debido a la presencia del triple enlace, que es una región de alta densidad electrónica. Sin embargo, son menos reactivos que los alquenos debido a la mayor estabilidad del triple enlace.

• Olor.

Los alquinos pequeños, como el etino (acetileno), tienen un olor característico ligeramente dulce o desagradable.

• Polaridad.

Los alquinos son moléculas no polares o ligeramente polares, dependiendo de la simetría de la molécula. El triple enlace es lineal, lo que reduce la polaridad en comparación con los alquenos.

• Conductividad.

No conducen la electricidad, ya que no tienen cargas libres ni grupos polares significativos.

• Volatilidad.

Los alquinos pequeños son más volátiles (se evaporan fácilmente) debido a sus bajos puntos de ebullición.

• Acidez.

Los alquinos terminales (con un triple enlace en el extremo de la cadena, R-C≡C-H) son ligeramente ácidos debido a la relativa facilidad con la que el hidrógeno unido al carbono sp puede ser eliminado como protón (H^+). El etino (acetileno) es más ácido que los alcanos y alquenos, pero menos ácido que los alcoholes o ácidos carboxílicos.

2.4.2 Propiedades Químicas de los Alquinos.

• Hidrogenación (Reducción).

- Descripción: Adición de hidrógeno (H_2) en presencia de un catalizador (como Ni, Pd o Pt).
- Resultado: El triple enlace se convierte en un enlace simple, formando un alcano.
- Ecuación general:

$$\text{R-C}\equiv\text{C-R} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{catalizador}} \text{R-CH}_2\text{-CH}_2\text{-R}$$

Nota: Si se usa un catalizador parcialmente desactivado (como el catalizador de Lindlar), la hidrogenación se detiene en la etapa de alqueno, formando un alqueno *cis*.

$$\text{R-C}\equiv\text{C-R} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Lindlar}} \text{R-CH}=\text{CH-R}$$

• Halogenación.

- Descripción: Adición de halógenos (X_2, donde X = Cl, Br, I) al triple enlace.
- Resultado: Se forma un tetrahaloalcano (cuatro halógenos se unen a los carbonos del triple enlace).

- Ecuación general:

$$\text{R-C}\equiv\text{C-R} + 2\text{X}_2 \rightarrow \text{R-CX}_2\text{-CX}_2\text{-R}$$

- Ejemplo: El etino reacciona con bromo (Br_2) para formar 1,1,2,2-tetrabromoetano.

• Hidrohalogenación.

- Descripción: Adición de un haluro de hidrógeno (HX, donde X = Cl, Br, I) al triple enlace.
- Resultado: Se forma un haloalqueno (en la primera adición) y luego un dihaloalcano (en la segunda adición). Sigue la regla de Markovnikov.
- Ecuación general:

$$\text{R-C}\equiv\text{C-H} + \text{HX} \rightarrow \text{R-CX}{=}\text{CH}_2 \quad (\text{haloalqueno})$$
$$\text{R-CX}{=}\text{CH}_2 + \text{HX} \rightarrow \text{R-CX}_2\text{-CH}_3 \quad (\text{dihaloalcano})$$

- Ejemplo: El propino reacciona con HCl para formar 2-cloropropeno y luego 2,2-dicloropropano.

• Hidratación.

- Descripción: Adición de agua (H_2O) en presencia de un ácido (como H_2SO_4) y un catalizador (como $HgSO_4$).
- Resultado: Se forma un enol, que rápidamente se tautomeriza a una cetona o aldehído.
- Ecuación general:

$$\text{R-C}\equiv\text{C-H} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HgSO}_4} \text{R-CO-CH}_3$$

- Ejemplo: El etino (acetileno) se convierte en etanal (acetaldehído).

• Polimerización.

- Descripción: Los alquinos pueden polimerizarse para formar polímeros lineales o cíclicos.
- Resultado: Se forman cadenas largas de unidades repetidas.
- Ejemplo: El etino polimeriza para formar poliacetileno, un polímero conductor.

• Oxidación.

- Descripción: Los alquinos pueden oxidarse con agentes oxidantes como $KMnO_4$ (permanganato de potasio) u O_3 (ozono).
- Resultado:

– Con $KMnO_4$ (oxidación suave): Se forman ácidos carboxílicos o cetonas, dependiendo de la posición del triple enlace.

$$\text{R-C}\equiv\text{C-R} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{R-COOH} + \text{R-COOH}$$

– Con O_3 (ozonólisis): El triple enlace se rompe y se forman dos ácidos carboxílicos.

$$\text{R-C}\equiv\text{C-R} + \text{O}_3 \rightarrow \text{R-COOH} + \text{R-COOH}$$

• Hidroboración-Oxidación.

- Descripción: Adición de borano (BH_3) seguida de oxidación con peróxido de hidrógeno (H_2O_2).
- Resultado: Se forma un aldehído o cetona en posición anti-Markovnikov.
- Ecuación general:

$$\text{R-C}\equiv\text{C-H} \xrightarrow{1)\ \text{BH}_3\ 2)\ \text{H}_2\text{O}_2/\text{OH}^-} \text{R-CH}_2\text{-CHO}$$

- Ejemplo: El etino se convierte en etanal (acetaldehído).

Formación de acetiluros (Reacción con bases fuertes).

- Descripción: Los alquinos terminales (R-C≡C-H) reaccionan con bases fuertes (como $NaNH_2$) para formar acetiluros, que son nucleófilos fuertes.
- Resultado: Se forma un acetiluro de metal alcalino.
- Ecuación general:

$$\text{R-C}\equiv\text{C-H} + \text{NaNH}_2 \rightarrow \text{R-C}\equiv\text{C}^-\text{Na}^+ + \text{NH}_3$$

- Aplicación: Los acetiluros pueden usarse en síntesis orgánica para formar nuevos enlaces carbono-carbono.

2.5 Hidrocarburos Aromáticos o Arenos.

La palabra aromático suele asociarse a sustancias químicas orgánicas insaturadas que tienen al menos un anillo plano de átomos. La definición de compuestos aromáticos puede derivarse como compuestos cíclicos que tienen enlaces dobles y simples alternados en su estructura de anillo.

La estructura general (C_6H_6), de los compuestos aromáticos se representa en la figura 1. (Ver anexos). Estos compuestos poseen una estructura cíclica en la que cada átomo de carbono participa formando un doble enlace con su carbono vecino. Estos enlaces simples y dobles alternados se denominan enlaces conjugados. La densidad electrónica en los anillos conjugados se deslocaliza a través de la resonancia, que es básicamente el flujo de electrones de un átomo a otro. La razón por la que la estructura geométrica de los compuestos aromáticos es plana se debe a la red de electrones π; los enlaces π se deslocalizan en ambos lados del anillo.

El benceno y el tolueno son los compuestos aromáticos más conocidos. El benceno es el hidrocarburo aromático de un solo anillo más simple. El tolueno tiene una estructura similar al benceno, además de un grupo metilo.

2.5.1 Propiedades Físicas de los Arenos.

El benceno y sus derivados tienen propiedades físicas distintivas debido a la naturaleza única de su sistema conjugado de electrones π. A continuación, se describen las principales propiedades físicas de los arenos:

• Estado físico.

- Arenos pequeños (benceno, tolueno, xilenos): Son líquidos a temperatura ambiente.
- Arenos medianos (naftaleno, antraceno): Son sólidos a temperatura ambiente.
- Arenos grandes (como los policíclicos): Son sólidos con puntos de fusión más altos.

• Punto de ebullición.

Los puntos de ebullición de los arenos son más altos que los de los alcanos y alquenos de peso molecular similar, debido a las fuerzas intermoleculares de dispersión de London y a la polarizabilidad del sistema π conjugado. Aumenta con el tamaño de la molécula y la presencia de grupos sustituyentes.

• Punto de fusión.

Los puntos de fusión de los arenos son generalmente más altos que los de los alcanos y alquenos, debido a la rigidez del anillo aromático y a las interacciones π-π entre las moléculas. Los arenos con estructuras simétricas (como el benceno) tienen puntos de fusión más altos que los asimétricos.

• Densidad.

Los arenos son más densos que los alcanos y alquenos de peso molecular similar, pero menos densos que el agua (densidad < 1 g/cm³), por lo que flotan en ella. La densidad aumenta con el tamaño de la molécula.

• Solubilidad.

Son insolubles en agua debido a su naturaleza no polar. Son solubles en disolventes orgánicos no polares, como el éter, el benceno o el tetracloruro de carbono.

• Viscosidad.

Los arenos líquidos tienen una viscosidad moderada, que aumenta con el tamaño de la molécula y la presencia de grupos sustituyentes.

• Reactividad.

Los arenos son menos reactivos que los alquenos y alquinos debido a la estabilidad del sistema aromático (resonancia). Sin embargo, pueden participar en reacciones de sustitución electrofílica aromática, donde se conserva la aromaticidad.

• Olor.

Muchos arenos tienen olores característicos. Por ejemplo:

- El benceno tiene un olor dulce.
- El tolueno tiene un olor similar al de los pegamentos.
- El naftaleno tiene un olor fuerte y penetrante (se usa en bolas de naftalina).

• Polaridad.

Los arenos son moléculas no polares o ligeramente polares, dependiendo de los grupos sustituyentes en el anillo aromático. El sistema π conjugado del benceno es simétrico y no polar.

• Conductividad.

No conducen la electricidad, ya que no tienen cargas libres ni grupos polares significativos.

• Volatilidad.

Los arenos pequeños, como el benceno y el tolueno, son volátiles (se evaporan fácilmente) debido a sus bajos puntos de ebullición.

• Estabilidad.

Los arenos son muy estables debido a la resonancia del sistema π conjugado, que deslocaliza los electrones en el anillo aromático. Esta estabilidad se conoce como energía de resonancia o energía de deslocalización.

2.5.2 Propiedades Químicas de los Arenos.

Las siguientes reacciones son típicas de los compuestos aromáticos y dependen de las condiciones en las que se llevan a cabo:

• Reacción con Bromo (Br_2).

En presencia de un catalizador (como $FeBr_3$ o $AlBr_3$), el benceno y otros compuestos aromáticos reaccionan con bromo mediante una sustitución electrofílica aromática (SEAr).

- Mecanismo:

– El catalizador genera el electrofílo Br^+ a partir de Br_2.
– El Br^+ ataca el anillo aromático, formando un intermedio de arenio.
– Se restaura la aromaticidad al perder un protón (H^+).

- Ecuación general:

$$C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{FeBr_3} C_6H_5\text{-}Br + HBr$$

- Producto: Bromobenceno.

Nota: Si no hay catalizador y se usa luz UV, ocurre una adición radicalaria en lugar de una sustitución, formando hexabromociclohexano (no se conserva la aromaticidad).

• Reacción con Permanganato de Potasio ($KMnO_4$)

El $KMnO_4$ es un agente oxidante fuerte. Los compuestos aromáticos con cadenas laterales alquílicas (grupos alquilo unidos al anillo) se oxidan a ácidos carboxílicos.

• Mecanismo: La cadena lateral se oxida completamente, independientemente de su longitud.

- Ecuación general:

$$C_6H_5\text{-}R + KMnO_4 \xrightarrow{H^+} C_6H_5\text{-}COOH + CO_2 + H_2O$$

- Ejemplo: El tolueno ($C_6H_5\text{-}CH_3$) se oxida a ácido benzoico ($C_6H_5\text{-}COOH$).

$$C_6H_5\text{-}CH_3 + 2KMnO_4 \rightarrow C_6H_5\text{-}COOH + 2MnO_2 + K_2O + H_2O$$

Nota: El anillo aromático en sí no se oxida fácilmente con $KMnO_4$, solo las cadenas laterales.

• Reacción con Tetracloruro de Carbono (CCl_4).

El tetracloruro de carbono (CCl_4) no reacciona directamente con los compuestos aromáticos, ya que es un disolvente no polar e inerte. Sin embargo, en presencia de un catalizador (como $AlCl_3$), puede participar en reacciones de halogenación.

- Mecanismo: Similar a la reacción con bromo, pero usando cloro (Cl_2).
- Ecuación general:

$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5\text{-}Cl + HCl$$

- Producto: Clorobenceno.

Nota: El CCl_4 también se usa como disolvente en reacciones de halogenación, ya que no reacciona con los reactivos.

• Sulfonación.

La sulfonación es una reacción de sustitución electrofílica aromática (SEAr) en la que se introduce un grupo sulfónico ($-SO_3H$) en el anillo aromático. Se lleva a cabo con ácido sulfúrico (H_2SO_4) o trióxido de azufre (SO_3). Figura 2. (Ver anexos).

- Mecanismo:

– Se genera el electrofílo SO_3 (o HSO_3^+ en medio ácido).

– El electrofílo ataca el anillo aromático, formando un intermedio de arenio.

– Se restaura la aromaticidad al perder un protón (H^+).

- Ecuación general:

$$C_6H_6 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5\text{-}SO_3H + H_2O$$

- Producto: Ácido bencenosulfónico.

Nota: La sulfonación es reversible. El grupo sulfónico puede eliminarse calentando el compuesto con vapor de agua. Figura 3. (Ver anexos).

3.1 Materiales, Equipos y Sustancias a Utilizar.

Tabla 1. Materiales, equipos y sustancias a utilizar.

MATERIALES Y EQUIPOS	SUSTANCIAS
Capsula de porcelana	Ácido sulfúrico
Tubos de ensayo	Ciclohexeno
Pipetas	Etanol
Beakers	Benceno
Mechero	n-heptano
Tapones	Permanganato de potasio
Goteros	Aceite vegetal
Termómetro	Naftaleno
Balanza	Agua
Papel de filtro	Bromo
Soporte	Tetracloruro de carbono
Espátula	Limaduras de hierro
Ciilindro graduado	Cloruro de aluminio Anhidro.

3.2 Tablas de Propiedades Físicas y Químicas.

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas.

Sustancia	Fórmula Química	Masa Molar (g/mol)	Densidad (g/cm^3)	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)	Solubilidad	
						Agua (20 °C)	Otros reactivos
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	98.079	1.84	10.31	337	Miscible	Ácido nítrico, Alcohol etílico
Ciclohexeno	C_6H_{10}	82.14	0.811	-103.5	83	Insoluble	éter, benceno, hexano
Etanol	C_2H_5OH	46.07	0.789	-114.1	78.37	Miscible	éter, cloroformo
Benceno	C_6H_6	78.11	0.8765	5.5	80.1	1.79 g/L (poco soluble)	éter, tetracloruro de carbono
n-heptano	C_7H_{16}	100.21	0.684	-90.6	98.42	insoluble	Hexano, benceno

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas (continuación).

n-heptano	C_7H_{16}	100.21	0.684	-90.6	98.42	insoluble	Hexano, benceno
Permanganato de potasio	$KMnO_4$	158.03	2.703	240	No tiene	6.38 g/100 mL	ácido acético, acetona, metanol
Aceite vegetal	$C_{55}H_{98}O_6$	800-900	0.90–0.93	-20 °C /25 °C	≈ 300 °C	Insoluble	hexano, éter,
Bromo	Br	159.808	3.12	-7.2	58.8	3.41 g/100 mL	éter, cloroformo, tetracloruro de carbono
Tetracloruro de carbono	CCl_4	153.82	1.594	-22.9	76.7	0.8 g/L	éter, benceno
Limaduras de hierro	Fe	55.85	7.87	1538	2862	Insoluble	HCl, H_2SO_4
Cloruro de aluminio	$AlCl_3$	133.34	2.48	192.6	180	44.9 g/100 mL	etanol, acetona
Anhidro	$CaCl_2$	110.98	2.15	772	1935	74.5 g/100 mL	Soluble en etanol, insoluble en éter
Naftaleno	$C_{10}H_8$	128.17	1.14	80.26	218	0.03 g/L	benceno, éter, cloroformo, etanol caliente.

3.3 Procedimiento Experimental.

3.3.1 Propiedades Químicas de los Hidrocarburos.

3.3.1.1 Reacción con Ácido Sulfúrico.

Añadir 1 ml de ácido sulfúrico concentrado a 1 ml de petróleo en un tubo de ensayo.

↓

Observar y registrar los resultados.

↓

Repetir la experiencia sustituyendo el petróleo por n-heptano y ciclohexeno.

3.3.1.2 Reacción con Permanganato de Potasio.

Añadir 5 gotas de petróleo a 2 ml de solución de permanganato de potasio al 45%.

↓

Tapar el tubo de ensayo

↓

Agitar bien su contenido.

↓

Observar y anotar el resultado.

↓

Repetir la prueba con n-heptano y ciclohexeno

3.3.1.3 Reacción con Tetracloruro de carbono.

Añadir 5 ml de solución de bromo en tetracloruro de carbono al 45% a 5 ml de petróleo en un tubo de ensayo

↓

Dividir la mezcla en dos tubos de ensayo secos.

↓

Exponer uno de los tubos a la luz durante 5 minutos y mantener el otro en la oscuridad.

↓

Comparar el color de los dos tubos de ensayo.

↓

Repetir la prueba con n-heptano, ciclohexeno y aceite vegetal

3.3.2 Propiedades de los Arenos.

3.3.2.1 Solubilidad.

Agregar 2 ml de benceno en un tubo de ensayo

↓

Anadir 2 ml de las otras sustancias al tubo de ensayo.

↓

Observar la solubilidad del benceno en agua, etanol y n-heptano

3.3.2.2 Inflamabilidad.

Encender unas gotas de benceno en una cápsula de porcelana

↓

Observar el aspecto de la llama y de la cápsula al consumirse la totalidad del benceno.

3.3.2.3 Reacción con Bromo.

Vertir 5 ml de benceno en un tubo de ensayo seco.

↓

Llevarlo a la campana de extracción.

↓

Añadir 3 gotas de bromo, y agregar la mitad de la solución en un segundo tubo.

↓

Añada 3 limaduras de hierro a uno de los tubos.

Observar las diferentes velocidades de reacción.

Si no se inicia la reacción, sumergir ambos tubos en agua fría.

3.3.2.4 Reacción con Permanganato de Potasio.

Agitar 5 gotas de benceno con 3 gotas de permanganato de potasio

Comparar el comportamiento del benceno con el del ciclohexano.

3.3.2.5 Reacción con Tetracloruro de Carbono.

Colocar 2 ml de tetracloruro de carbono en un tubo seco.

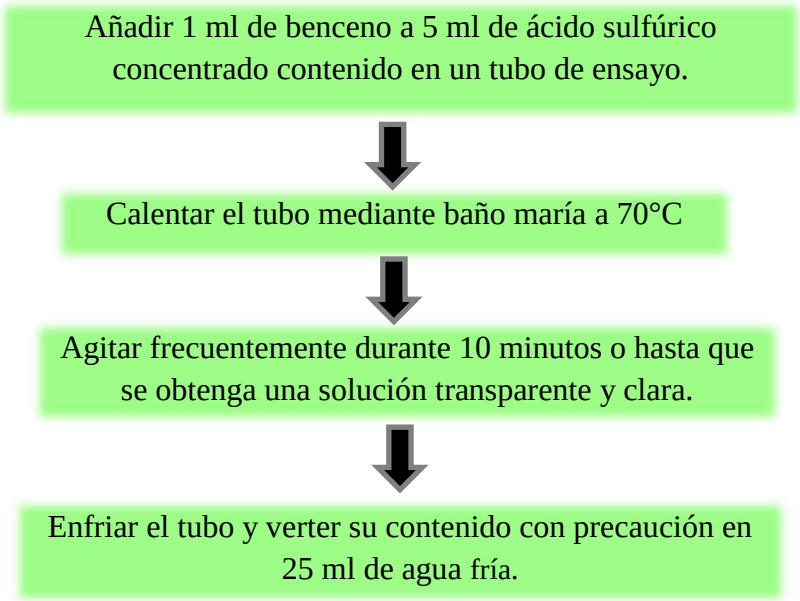
Añadir 5 gotas de benceno

Añadir y mezclar 0.5 g de cloruro de aluminio anhídrico.

Observar el color del residuo y el de la solución.

Repetir este ensayo con naftaleno y n-heptano.

3.3.2.6 Sulfonación del Benceno.



4.1 Solubilidad del Benceno

Este experimento es realizado para determinar la solubilidad del benceno en diferentes solventes. Siendo que en agua, el benceno no se mezcla y forma una capa separada; con el etanol se forma una mezcla parcial con capas difusas y con el n-heptano una mezcla homogénea. Esto nos demuestra las interacciones de polaridad entre el benceno y dichos solventes. Puesto que el benceno es no polar, al disolverse en agua (polar), no hay interacciones dipolo-dipolo, por lo que es insoluble; con el etanol (polar y no polar), la cadena alquílica del etanol permite cierta solubilidad, pero no total; y finalmente con el n-heptano (no polar), al ser ambos hidrocarburos no polares; se mezclan completamente.

4.2 Inflamabilidad del Benceno

Se busca evaluar el comportamiento del benceno a la combustión, en donde la llama es luminosa y humeante (color amarillo con hollín), y teniendo como residuo manchas negras de carbono en la cápsula. Debido al alto contenido de carbono ocurre una combustión incompleta del benceno, generando hollín. A pesar que la aromaticidad del benceno estabiliza la molécula, no logra evitar la formación de productos secundarios carbonosos. Teniendo por consiguiente que los arenos son inflamables y arden con llama humeante, indicando una combustión incompleta.

4.3 Reacción con Bromo (Br_2)

En el presente experimento se estudia la halogenación del benceno. Si no se le añadieran las limaduras de hierro Fe, el bromo permanecería con capa marrón (no hay reacción), en cambio al añadírselas, la capa de Br_2 desaparece, se libera HBr en forma de gas y se forma bromobenceno. Esto se traduce en que el hierro Fe actúa como catalizador, generando Br^+, como electrófilo, para la sustitución electrofílica aromática. Sin catalizador, el benceno no reacciona con Br_2 producto de la alta estabilidad del anillo aromático.

4.4 Reacción con Permanganato de Potasio ($KMnO_4$)

Acá se compara la reactividad del benceno y ciclohexano frente a oxidantes. Teóricamente, reaccionando el permanganato de potasio con el benceno no hay un cambio visible y la solución permanece púrpura. Asimismo, con el ciclohexano tampoco hay un cambio. Debido a la aromaticidad y estabilidad del benceno, este es resistente a la oxidación suave, el ciclohexano, también es inerte al $KMnO_4$ en condiciones neutras, sin embargo, en condiciones drásticas, como lo es un medio ácido/caluroso, los alquilos de los arenos se oxidan a ácidos carboxílicos.

4.5 Reacción con Tetracloruro de Carbono (CCl_4).

Se evalua la formación de complejos o reacciones de sustitución entre el tetracloruro de carbono con el benceno, naftaleno y n-heptano. Teóricamente el benceno con el $AlCl_3$ como catalizador se formaría un complejo de color amarillo/naranja; con el naftaleno ocurre una reacción más rápida traducida en un color intenso. Y finalmente con el n-heptano no ocurriría una reacción. Acá se observa el tipo de reacción que ocurre dependiendo del tipo de hidrocarburo y si se tiene la presencia de un catalizador, como lo es el caso del benceno, que en condiciones normales no reaccionaria con el tetracloruro de carbono, sin embargo con el catalizador $AlCl_3$ (ácido de Lewis) polariza el CCl_4, generando un electrófilo que sí reacciona con arenos.

4.6 Sulfonación del Benceno.

En dicho experimento se sintetiza el ácido bencenosulfónico. Al calentar, el benceno se disuelve en H_2SO_4 formando una solución transparente. Al diluir en agua, la solución permanece homogénea y por ende no precipita. El H_2SO_4 genera SO_3 (electrófilo), que sustituye un H del benceno, formando dicho ácido bencenosulfónico. Generando un producto que es soluble en agua debido al grupo sulfónico ($-SO_3H$) polar. Se observa que a través de la sulfonación, se pueden obtener derivado polares a partir de un benceno que naturalmente es polar.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Los alcanos son compuestos no polares debido a la simetría de sus enlaces C-C y C-H. Sus puntos de ebullición aumentan con el número de carbonos, ya que las fuerzas de dispersión de London se vuelven más fuertes. Son gases (metano, etano), líquidos (hexano) o sólidos (parafinas) dependiendo de su tamaño.
- Los alcanos son los hidrocarburos menos reactivos debido a la estabilidad de sus enlaces simples. Solo reaccionan en condiciones drásticas, como la combustión (liberando CO_2 y H_2O) o la halogenación radicalaria (con luz UV).
- Los alquenos son menos densos que el agua y pueden ser gases (eteno) o líquidos (hexeno) a temperatura ambiente. Su polaridad es ligeramente mayor que la de los alcanos debido al doble enlace.
- El doble enlace de los alquenos los hace más reactivos que los alcanos. Participan en reacciones de adición, como la hidrogenación (formando alcanos), halogenación (formando dihaloalcanos) e hidratación (formando alcoholes). También pueden polimerizarse, como en el caso del polietileno.
- Los alquinos tienen puntos de ebullición más altos que los alquenos debido a la mayor polaridad del triple enlace. Son gases (etino) o líquidos (hexino) a temperatura ambiente.
- El triple enlace de los alquinos los hace aún más reactivos que los alquenos. Reaccionan en adiciones (formando alquenos o alcanos) y oxidaciones (formando ácidos carboxílicos). Los alquinos terminales (con un H unido al carbono sp) son ácidos y pueden formar acetiluros con bases fuertes.
- Los compuestos aromáticos son líquidos (benceno, tolueno) o sólidos (naftaleno) a temperatura ambiente. Son menos densos que el agua y tienen una alta estabilidad debido a la resonancia del anillo aromático.
- Los aromáticos son resistentes a reacciones de adición debido a la estabilidad del anillo. En su lugar, participan en reacciones de sustitución electrofílica aromática (SEAr), como la halogenación, nitración y sulfonación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Todos los hidrocarburos (alcanos, alquenos, alquinos y aromáticos) son insolubles en agua debido a su naturaleza no polar. Sin embargo, son solubles en solventes orgánicos no polares, como el éter, el benceno o el cloroformo. Esto sigue la regla de "lo similar disuelve a lo similar".
- Los alcanos y alquinos arden completamente en presencia de oxígeno, produciendo CO_2 y H_2O. Los alquenos y aromáticos, debido a su mayor contenido de carbono, tienden a producir combustión incompleta, liberando hollín (partículas de carbono) y monóxido de carbono (CO).
- La reactividad de los hidrocarburos sigue este orden: alquinos > alquenos > alcanos > aromáticos. Esto se debe a la estabilidad de los enlaces: los alquinos tienen un triple enlace muy reactivo, mientras que los aromáticos son estables debido a la resonancia.
- En la halogenación se tiene para:

– Alcanos: La halogenación ocurre por un mecanismo radicalario y requiere luz UV o calor.

– Alquenos y alquinos: La halogenación es una reacción de adición espontánea, donde el halógeno se une al doble o triple enlace.

– Aromáticos: La halogenación requiere un catalizador ($FeBr_3$ o $AlCl_3$) para generar el electrófilo (Br^+ o Cl^+) que ataca el anillo aromático.

- En la oxidación:

– Alquenos y alquinos: Se oxidan fácilmente con agentes como el permanganato de potasio ($KMnO_4$) o el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), formando dioles o ácidos carboxílicos.

– Aromáticos: Son resistentes a la oxidación suave, pero las cadenas laterales (como en el tolueno) pueden oxidarse a ácidos carboxílicos.

- Solo los alquinos terminales (con un H unido al carbono sp) son ácidos. Pueden reaccionar con bases fuertes, como el amiduro de sodio ($NaNH_2$), para formar acetiluros, que son nucleófilos útiles en síntesis orgánica.

- Los compuestos aromáticos son los más estables debido a la resonancia del anillo de benceno. Le siguen los alcanos, que tienen enlaces simples muy estables. Los alquenos y alquinos son menos estables debido a la presencia de enlaces múltiples.
- Los alquenos y alquinos pueden presentar isomería geométrica (cis-trans) debido a la rigidez del doble o triple enlace. Los aromáticos pueden tener isomería de posición cuando tienen sustituyentes en el anillo (ej: orto, meta, para).
- Todos los hidrocarburos tienen densidades menores que el agua (menos de 1 g/cm³), por lo que flotan en ella. Sin embargo, los derivados halogenados (como el clorobenceno) pueden ser más densos:
- Los alcanos se usan como combustibles (gasolina, gas natural) y en la producción de plásticos. Los alquenos son materias primas para polímeros como el polietileno y el PVC. En los alquinos, el etino (acetileno) se usa en soldadura y en la síntesis de compuestos orgánicos. Los aromáticos se utilizan en la síntesis de fármacos, colorantes, plásticos y explosivos (ej: TNT).

5.2 Recomendaciones.

• Usar protección siempre:

– Ponerse guantes y gafas para evitar contacto con la piel u ojos.
– Trabajar en un lugar ventilado (o bajo una campana) para no respirar vapores tóxicos (especialmente con benceno o cloroformo).

• Controlar la temperatura:

– Si la reacción necesita calor, usar un baño maría (no fuego directo).
– Si se usa hielo, prepáralo antes para enfriar rápido (ejemplo: reacciones con bromo).

• Seguir las cantidades indicadas:

– No usar más reactivo del necesario (ejemplo: el ácido sulfúrico concentrado puede quemar la piel).

- Si el procedimiento dice "3 gotas de bromo", no agregar 4.

• No mezclar lo que no debes:

- Los alcanos y alquenos son inflamables: nunca se deben acercar a llamas.
- Los aromáticos (como el benceno) son peligrosos: no tocarlos sin guantes.

• Observar los cambios:

- Si algo cambia de color, huele raro o hace burbujas, avisar a un profesor (ejemplo: el permanganato se vuelve marrón si reacciona).
- Si no pasa nada, no forzar la reacción (esperar o revisar las instrucciones).

• Limpiar bien al terminar:

- Botar los residuos en los contenedores especiales para químicos (nunca en el lavaplatos).
- Limpiar las mesas y utensilios con agua y jabón (si no son tóxicos).

Referencias Bibliográficas

https://concepto.de/hidrocarburos/

https://humanidades.com/alcanos/

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/b_sahagun/2019/lgm-quimicaorganica.pdf

https://humanidades.com/alquenos/

https://www.quimica.es/enciclopedia/Alqueno.html

https://www.quimicaorganica.org/reacciones-alquenos.html

https://www.quimica.es/enciclopedia/Alquino.html

https://ru.cuautitlan.unam.mx/retrieve/3bc1cb55-b8fb-4ad8-a380-85c759b5ba0c

https://aprendizaje.uchile.cl/recursos-para-aprender-ciencias-basicas-y-matematicas/quimica/hidrocarburos-aromaticos/#1625711389514-2f15d308-5bdc

https://cso.go.cr/temas_de_interes/seguridad/enciclopedia/104-09.pdf

https://study.com/academy/lesson/what-is-an-aromatic-compound-definition-example.html

Anexos.

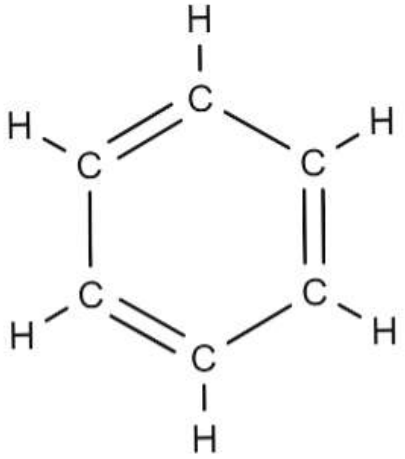


Figura 1: Estructura general de los compuestos aromáticos.

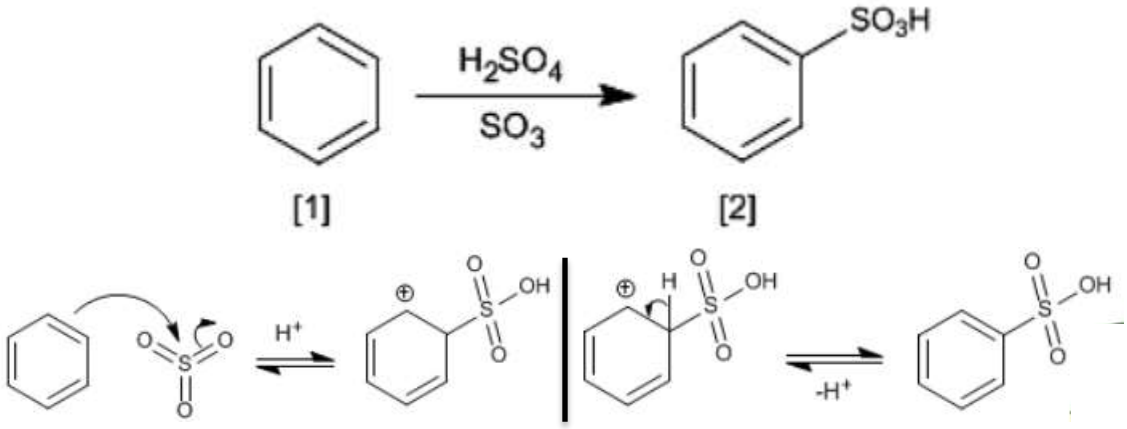


Figura 2: Sulfonación del Benceno y su Mecanismo.

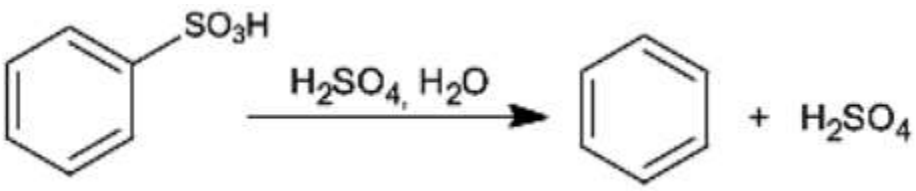


Figura 3. Reversibilidad de la Sulfonación.